

## Die Nationalstrassen wagen sich an die Risikoberechnungen

Ein Risiko ist nicht greifbar, man kann es nicht sehen und auch nicht berühren. Gleichzeitig sind wir vermutlich alle schon Risiken eingegangen und beschreiben eine solche Situation als spannend oder gefährlich. Dieses Gefühl ist aber nicht repräsentativ für ein Risiko. Denn Risiko ist nicht gleichzusetzen mit Gefährdung. Im heutigen Umgang mit Naturgefahren in der Schweiz geht man davon aus, dass das Risiko und nicht nur die Gefährdung massgebend sind für eine Massnahmenplanung.

VON LUUK DORREN UND PHILIPPE ARNOLD\*

### Einleitung

Dass Risiko nicht gleichzusetzen ist mit Gefährdung, verdeutlicht folgendes Beispiel: Sind mehrere Personen während einer langen Zeit einer kleinen Gefährdung ausgesetzt (z.B. einer minimalen radioaktiven Bestrahlung), so ist deren Risiko grösser als das Risiko einer Person, die während einer kurzen Zeit einer grossen Gefährdung (z.B. einer hohen radioaktiven Strahlung), ausgesetzt ist.

## Les routes nationales se lancent dans les calculs de risque

Un risque n'est pas tangible, il ne peut être ni vu ni palpé. En même temps nous avons probablement tous encouru des risques que nous décrivons comme une situation passionnante ou dangereuse. Ce sentiment n'est cependant pas représentatif pour un risque, car risque n'est pas égal à menace. Dans l'approche actuelle des dangers naturels, on admet en Suisse que le risque et pas seulement la menace sont déterminants pour la planification de mesures.

PAR LUUK DORREN ET PHILIPPE ARNOLD\*

### Introduction

L'exemple suivant met en évidence que le risque ne doit pas être confondu avec la menace: si plusieurs personnes sont soumises à une petite menace pendant une longue durée (p. ex. un minime rayonnement radioactif), leur risque est plus grand que celui d'une seule personne soumise pendant une brève durée à une grande menace (p. ex. un fort rayonnement radioactif).



1 | Der Felssturz am Gotthardautobahn am 31. Mai 2006 (Foto: W. Arnold, Amt für Tiefbau UR).

1 | Eboulement sur l'autoroute du Gothard, 31 mai 2006 (photo: W. Arnold, Département des travaux publics, UR).

In der Vergangenheit wurde eher dort etwas gegen Naturgefahren gemacht, wo es gefährlich war oder mit anderen Worten, dort wo ein Ereignis schon stattgefunden hatte (siehe z.B. Bild 1). Heute versucht man mehr in die Zukunft zu schauen, mehrere mögliche Gefahrenszenarien zu definieren, dann das Risiko einzuschätzen/zu berechnen und zuletzt den Franken dort zu investieren, wo er am meisten bringt. Der Nutzen liegt im einheitlichen, zielgerichteten und schweizweiten Umgang mit Naturgefahren und in der Transparenz der entsprechenden Mittelverwendung.

## Schadenausmass und Eintretenswahrscheinlichkeit

Risiko ist definiert als das Produkt aus einem Schadenausmass und einer Eintretenswahrscheinlichkeit. Im Bereich der Naturgefahren wird Risiko meistens in Todesfallprobabilitäten und jährlichen Schadenerwartungswerten ausgedrückt.

Die relevanten Risiken durch Naturgefahren für Nationalstrassen sind:

- Personenrisiken, die durch Direkttreffer oder Auffahren auf ein Hindernis auf den Nationalstrassen verursacht werden, sowie Risiken, die durch Direkttreffer auf Nebenanlagen wie Rastplätze, Werkhöfe u. a. verursacht werden.
- Sachrisiken, die durch die Räumungs- und Wiederherstellungskosten nach einem Naturgefahrenereignis entstehen.
- Verfügbarkeitsrisiken oder Kosten, die entstehen, wenn ein Streckenabschnitt infolge eines Naturgefahrenereignisses vorsorglich oder nachträglich gesperrt werden muss.

Wie beschrieben in den anderen Artikeln in diesem Heft, hat das Bundesamt für Strassen ASTRA, in Zusammenarbeit mit dem Bundesamt für Umwelt BAFU, Szenarien oder Eintretenswahrscheinlichkeiten definiert als Basis für den risikobasierten Umgang mit gravitativen Naturgefahrenprozessen. Diese Szenarien beschreiben für die genannten Naturgefahrenprozesse wie stark, bis wie weit und welche Streckenabschnitte der Nationalstrassen betroffen sind und das für die Eintretenswahrscheinlichkeiten 0 bis 10 Jahre, 10 bis 30 Jahre, 30 bis 100 Jahre, 100 bis 300 Jahre und 300 bis 1000 Jahre.

Das Schadenausmass wird natürlich nicht nur durch die Intensität der Naturgefahrenprozesse bestimmt. Weitere Faktoren sind die potentiellen Reparaturkosten der Infrastrukturobjekte und deren Schadenempfindlichkeit, die Anzahl Strassenbenutzer und deren Letalität durch verschiedene Naturgefahrenprozesse, sowie die indirekten Kosten, die durch Strassensperrungen entstehen. Die Kosten der Infrastrukturobjekte sind beim ASTRA bekannt. Die Schadenempfindlichkeit dieser Objekte basiert auf Erfahrungswerten aus verschiedenen Bereichen (Siedlungsgebiete, SBB, Forschungsprojekte, Tiefbauämter) und ist mit den Werten vom Risikoberechnungstool EconoMe vom BAFU abgestimmt worden. Die Anzahl Fahrzeuge, die die Nationalstrassen befahren, wird täglich vom ASTRA an DTV-Messstellen (DTV = Durchschnittlicher Täglicher Verkehr) gemessen. Es wird davon ausgegangen, dass der mittlere Besetzungsgrad von jedem Fahrzeug 1,76 Personen beträgt, unter der Annahme, dass 0,5% des DTV aus Cars mit durchschnittlich 25 Insassen besteht.

Par le passé, des mesures ont été prises contre des dangers naturels avant tout là où c'était dangereux ou, en d'autres termes, là où un événement s'était déjà produit (voir p. ex. figure 1). Aujourd'hui on essaie d'examiner davantage l'avenir, d'envisager plus de scénarios potentiels de menaces pour ensuite estimer ou calculer le risque afin d'investir finalement les moyens financiers là où ils apportent le plus. L'utilité repose sur une approche des dangers naturels unifiée et ciblée pour l'ensemble de la Suisse et sur la transparence de l'emploi des moyens correspondants.

## Etendue des dommages et probabilité d'occurrence

Le risque est défini comme le produit de l'étendue d'un dommage par la probabilité d'occurrence. Dans le domaine des dangers naturels, le risque s'exprime le plus souvent en probabilité de décès et valeurs annuelles des dégâts.

Pour les routes nationales, les risques pertinents des dangers naturels sont:

- Risques pour les personnes occasionnés par atteinte directe ou collision contre un obstacle sur une route nationale ainsi que risques occasionnés par atteinte directe des installations annexes telles qu'aires de repos ou dépôts entre autres.
- Risques pour les choses qui proviennent des coûts de déblaiement et de rétablissement après un événement naturel.
- Les risques pour la disponibilité ou coûts qui surviennent lorsque, en raison d'un événement naturel, un tronçon doit être fermé préventivement ou postérieurement.

Comme décrit dans les autres articles de ce numéro, l'Office fédéral des routes (OFROU), en collaboration avec l'Office fédéral de l'environnement (OFEV), a défini des scénarios ou des probabilités d'occurrence comme point de départ d'une approche basée sur les risques pour les processus de type gravitaire conduisant à des dangers naturels. Ces scénarios indiquent, pour les processus mentionnés, l'importance et l'étendue des dangers naturels sur les tronçons de routes nationales concernés en distinguant les probabilités d'occurrence pour des périodes de 0 à 10, 10 à 30, 30 à 100, 100 à 300 et 300 à 1000 ans. L'ampleur des dégâts n'est évidemment pas déterminée seulement par l'intensité des processus conduisant à des dangers naturels. Les autres facteurs sont les coûts potentiels de réparation des éléments d'infrastructure et leur sensibilité aux dégâts, le nombre d'usagers de la route et leur mortalité par les différents processus conduisant à des dangers naturels ainsi que les coûts indirects découlant des fermetures de routes. Les coûts pour les éléments d'infrastructure sont connus à l'OFROU. La sensibilité aux dégâts de ces éléments se base sur l'expérience issue de divers domaines (zones habitées, CFF, projets de recherche, services du génie civil) et a été accordée avec les valeurs de l'outil de calcul des risques EconoMe de l'OFEV. Le nombre de véhicules parcourant quotidiennement les routes nationales (TJM = trafic journalier moyen) est mesuré par les compteurs automatiques de l'OFROU. Le taux d'occupation moyen retenu est de 1,76 personne par véhicule en admettant que 0,5% du TJM provient de cars avec en moyenne 25 occupants.

Etwas komplizierter ist die Berechnung von indirekten Kosten, die durch Sperrungen von Nationalstrassen entstehen. Da hat das ASTRA zurückgegriffen auf ein bestehendes Verkehrsmodell des Instituts für Verkehrsplanung und Transportsysteme der ETH Zürich (siehe Erath, Alexander Lucas. Vulnerability assessment of road transport infrastructure. ETH 2011–<http://dx.doi.org/10.3929/ethz-a-006806584>). Dieses Modell bindet das ganze schweizerische Strassennetz, bis auf Stufe Gemeindestrasse, in das Europäische Autobahnnetz ein und kann den Effekt von Sperrungen von einzelnen Strassenstrecken berechnen. In diesem Modell werden Umfahrkosten für PW und LKW, Zu- und Abnahme der Unfallkosten durch die Sperrung, sowie eine Monetarisierung von (lokalen) Fahrten, die nicht durchgeführt werden können, berechnet. Die Anwendung dieses Modells hat uns erlaubt, die Sperrungskosten in CHF/Tag für alle Nationalstrassenstrecken für eine Sommersituation und eine Wintersituation (unter Berücksichtigung der Wintersperrungen der Schweizer Pässe) darzustellen.

## RoadRisk – Online standardisiert Risiken berechnen

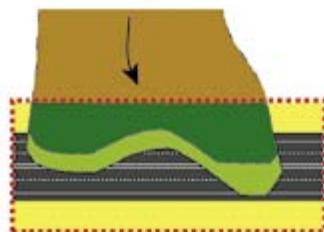
Die eigentliche Berechnung der Risiken durch die gravitativen Naturgefahrenprozesse auf Nationalstrassen findet im Online-Tool RoadRisk ([www.roadrisk.admin.ch](http://www.roadrisk.admin.ch)) statt. Diese Berechnung ist nur ein kleiner Schritt in der ganzen Risikoanalyse. Die wichtigsten Eingangsparameter sind alle Wahrscheinlichkeiten und Intensitäten pro Gefährdungsszenario und diese können nicht ohne ausführliche Geländebegehungen und weitere Analysen im Büro (z. B. Simulationen mit Gefahrenprozessmodellen) ermittelt werden. Zusätzliche wichtige Parameter sind die Sper-

Le calcul des coûts indirects occasionnés par la fermeture de routes nationales est un peu plus compliqué. L'OFROU a fait appel pour cela au modèle de transport existant à l'institut de planification et des systèmes de transport de l'EPF de Zurich (voir Erath, Alexander Lucas. Vulnerability assessment of road transport infrastructure, ETH 2011–<http://dx.doi.org/10.3929/ethz-a-006806584>). Ce modèle intègre l'ensemble du réseau routier suisse, jusqu'au niveau des routes communales, au réseau autoroutier européen et peut calculer l'effet de la fermeture de différents tronçons de route. Ce modèle calcule les coûts des déviations pour les voitures et les poids lourds ainsi que ceux des augmentations et diminutions d'accidents par la fermeture; il monétarise aussi les déplacements (locaux) qui ne peuvent pas être effectués. L'application de ce modèle nous a permis de représenter les coûts de fermeture en CHF par jour pour tous les tronçons de routes nationales lors d'une situation estivale et d'une situation hivernale (en tenant compte de la fermeture des cols suisses).

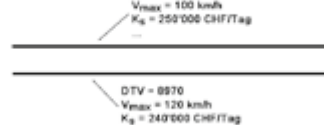
## RoadRisk – calculer les risques de façon normalisée et en ligne

Le calcul lui-même des risques issus des processus de type gravitaire conduisant à des dangers naturels sur les routes nationales est effectué par l'outil en ligne RoadRisk ([www.roadrisk.admin.ch](http://www.roadrisk.admin.ch) – hélas en allemand seulement!). Ce calcul n'est qu'une petite étape de l'ensemble de l'analyse des risques. Les paramètres d'entrée les plus importants sont toutes les probabilités et intensités par scénario de menace et ces paramètres ne peuvent être déterminés sans un examen sur place du site et d'autres analyses au bureau (p. ex. simulations

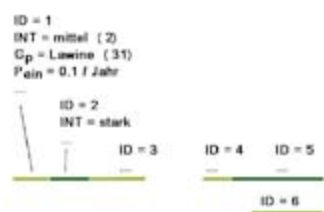
Schritt A



Schritt B



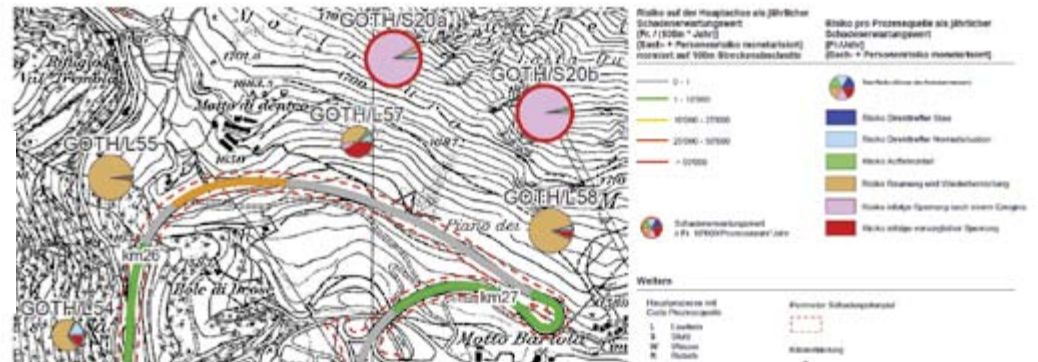
Schritt C



Schritt D

ID	DTW	Vmax	Ks	INT	Gp	Pein	Länge	R_Direkttreffer	R_Auffahr	R_Verschüttung	R_Sp_nE	R_Sp_vors	Rpers	Rkoll
1	9740	100	250000	2	31	0.1	100	89283	73	95000	5000	10000	89356	199356
2	9740	100	250000	3	31	0.1	100	89283	73	190000	5000	10000	89356	294356
3	9740	100	250000	2	31	0.1	160	142853	73	152000	5000	10000	142926	309926
4	9740	100	250000	2	31	0.1	80	71427	73	76000	5000	10000	71499	162499
5	9740	100	250000	3	31	0.1	320	285707	73	608000	5000	10000	285779	908779
6	8970	120	240000	2	31	0.1	210	143894	218	199500	24000	48000	144112	415612

Schritt E



2 | Vorgehensweise der Risikoberechnung in RoadRisk (Beschreibung siehe Text).  
2 | Procédure de calcul des risques dans RoadRisk (voir description dans le texte).

rungsdauer und Sperrungshäufigkeit. Diese müssen während Befragungen mit den zuständigen Fachstellen festgelegt werden. Wenn alle benötigten Informationen vorliegen, kann die Risikoberechnung mit RoadRisk durchgeführt werden. Erste Erfahrungen zeigen, dass für die Gefahrenbeurteilung und Risikoanalyse für eine 30 bis 50 km lange Nationalstrassenstrecke in den Alpen etwa 1,5 Jahre benötigt werden, bevor alle Informationen vorliegen.

Die Vorgehensweise der Risikoberechnung in RoadRisk wird anhand der Grafik 2 erklärt. Der erste Schritt (A) ist die Kontrolle und allenfalls Vervollständigung der Intensitätskarten und deren Attribute (Intensität INT, Gefahrenprozessnummer Gp, Eintretenswahrscheinlichkeit Pein usw.) für alle relevanten gravitativen Gefahrenprozesse und alle relevanten Szenarien. Der nächste Schritt (B) ist die Zuweisung der benötigten Strassenattribute an den Strassenachsen (DTV, signalisierte Höchstgeschwindigkeit  $V_{max}$ , Sperrungskosten Ks). Nachher werden die Intensitätskarten mit den Strassenachsen verschnitten (Schritt C) und dann wird nur noch mit den betroffenen Strassenabschnitten weitergearbeitet.

Die Schritte A, B und C werden in einem Geografischen Informationssystem (GIS) durchgeführt. Dann, in Schritt D, werden die betroffenen Strassenabschnitte mit allen Gefahrenprozess- und Strassenattributen exportiert und als Textfile ins RoadRisk importiert. Dort werden anschliessend die Personen-, Sach- und Verfügbarkeitsrisiken pro betroffenen Strassenabschnitt berechnet und nachher sowohl pro Prozessquelle (z. B. pro Lawinenzug, Felswand oder Wildbach) als auch pro 100 m Strassenabschnitt aggregiert. Diese Informationen werden wieder als Textfile exportiert und schlussendlich wieder in einem GIS dargestellt (Schritt E). Alle Details zu den verwendeten Algorithmen und Parametern können auf der obengenannten Website eingesehen werden. Der grosse Vorteil von RoadRisk ist, dass alle Risikoberechnungen beim ASTRA standardisiert sind und die Berechnungen für alle betroffenen Strassenabschnitte bis ins kleinste Detail systematisch in einer Online-Datenbank gespeichert sind.

## Ausblick

Im Verlaufe des Jahres 2012 werden die Risikoanalysen betreffend der gravitativen Naturgefahrenprozesse für die Nationalstrassen in den Kantonen UR, TI, GR, VS, OW, NW und Teilen von BE/SG vorliegen. Dann kann das ASTRA sich Gedanken machen zu einer überregionalen Massnahmenplanung und die zukünftig benötigte Investitionssummen für ein risikobasiertes Naturgefahrenmanagement budgetieren.

Eine weitere wichtige Rolle bei der Bestimmung des Nutzen/Kosten-Verhältnisses wird das Online-Tool RoadRisk spielen. Dieses Verhältnis liefert dem ASTRA eine nächste Entscheidungshilfe zum Bau, Betrieb und Unterhalt von Schutzmassnahmen. ||



**LUUK DORREN**  
Dr. rer. nat., Geomorphologe  
Fachspezialist Naturgefahren,  
Bundesamt für Umwelt (BAFU)  
Worbentalstrasse 68, 3063 Ittigen  
luuk.dorren@bafu.admin.ch

par des modèles de processus des menaces). Les durées et fréquences de fermeture sont des paramètres complémentaires importants qui doivent être fixés lors d'entretiens avec les services techniques responsables. Quand toutes les informations nécessaires existent, le calcul des risques avec RoadRisk peut être exécuté. Les premières expériences montrent que, pour un tronçon de 30 à 50 km de route nationale dans les Alpes, il faut compter 1,5 an pour réunir toutes les informations afin d'évaluer les dangers et d'analyser les risques.

La procédure de calcul des risques dans RoadRisk est expliquée à l'aide de la figure 2. La première étape (A) consiste à contrôler et au besoin compléter les cartes d'intensité et leurs caractéristiques (intensité INT, numéro du processus de menace GP, probabilité d'occurrence Pein, etc.) pour tous les processus de type gravitationnel pertinents et tous les scénarios déterminants. L'étape suivante (B) est l'attribution des caractéristiques routières nécessaires aux axes des routes (TJM, vitesse maximale autorisée  $V_{max}$ , coûts de fermeture Ks, ...). Les cartes d'intensité sont ensuite recoupées avec les axes des routes (étape C), puis le travail ne se poursuit que sur les tronçons de routes concernés. Les étapes A, B et C sont exécutées dans un système d'information géographique (SIG). Lors de l'étape D, toutes les caractéristiques des routes et des processus de menace des tronçons concernés sont exportées puis importées comme fichiers texte dans RoadRisk. Les risques pour les personnes, les choses et la disponibilité y sont alors calculés par tronçon de route et ensuite agrégés aussi bien par source de processus (p. ex. avalanche, paroi rocheuse ou torrent) que par 100 m de route. Ces informations sont transférées, à nouveau par des fichiers texte, dans un SIG où elles sont finalement représentées (étape E). Tous les détails concernant les algorithmes et les paramètres utilisés peuvent être consultés sur le site web mentionné plus haut. Le grand avantage de RoadRisk est de normaliser auprès de l'OFROU tous les calculs de risque et de les enregistrer dans une banque de données en ligne, systématiquement et jusque dans les moindres détails pour tous les tronçons de route concernés.

## Perspective

Dans le courant de l'année 2012, les analyses de risque concernant les processus de menace de type gravitationnel seront disponibles pour les routes nationales de plusieurs cantons (UR, TI, GR, VS, OW, NW) et en partie d'autres cantons (BE, SG). L'OFROU pourra alors se faire une idée de la planification suprarégionale des mesures et budgéter les montants d'investissement futurs nécessaires pour une gestion des dangers naturels basée sur les risques.

L'outil en ligne RoadRisk jouera en outre un rôle important lors de l'établissement du rapport coûts/bénéfices. Ce rapport fournit à l'OFROU une aide à la décision subséquente concernant la construction, l'exploitation et l'entretien des mesures de protection. ||



**PHILIPPE ARNOLD**  
lic. phil. nat. Geologe  
Fachspezialist Naturgefahren  
Bundesamt für Strassen (ASTRA)  
Mühlestrasse 2, 3063 Ittigen  
philippe.arnold@astra.admin.ch